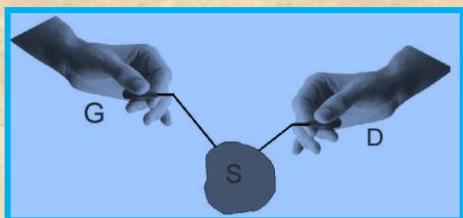


توازن جسم صلب خاضع لثلاث قوى غير متوازية

I. توازن جسم صلب خاضع لثلاث قوى غير متوازية:
الدراسة التجريبية:



نشد جسم (S) كتلته $m = 200\text{g}$ بواسطة خيطين فيستقر في توازن كما يبين الشكل جانبه.

نعطي: $g = 10\text{N/Kg}$ شدة الثقالة $F_{G/S} = 1\text{N}$ $F_{D/S} = 1.5\text{N}$ أسئلة للإستئثار:

1- أجرب القوى المطبقة على الجسم (S)

2- مثل خطوط تأثير القوى المؤثرة على الجسم (S). ماذا تستنتج؟

3- مثل بليستعمال سلم مناسب القوى المؤثرة على الجسم (S)

4- بليستعمال الطريقة الهندسية (رسم الخط المطلع) أنشئ المجموع المتجهي لهذه القوى. ماذا تستخرج؟

5- أعط الشرطين اللازمين لتوازن جسم صلب خاضع لثلاث قوى غير متوازية.

أجوبة:

1- المجموع المدرورة [الجسم (S)]

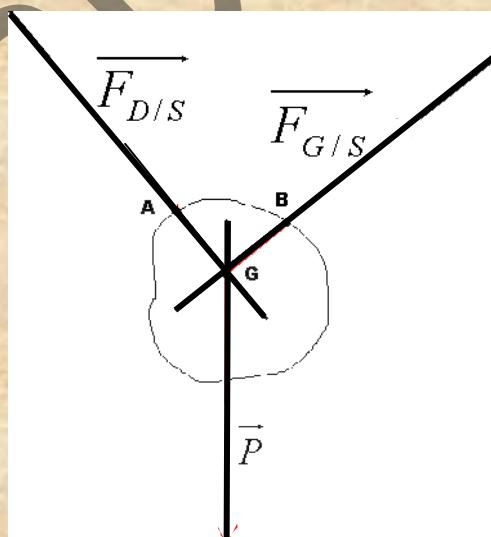
جرد القوى المؤثرة على المجموع المدرورة:

\rightarrow - القوة المؤثرة من طرف الخيط D على الجسم S : $F_{D/S}$

- القوة المؤثرة من طرف الخيط G على الجسم S : $F_{G/S}$

- وزن الجسم S : P

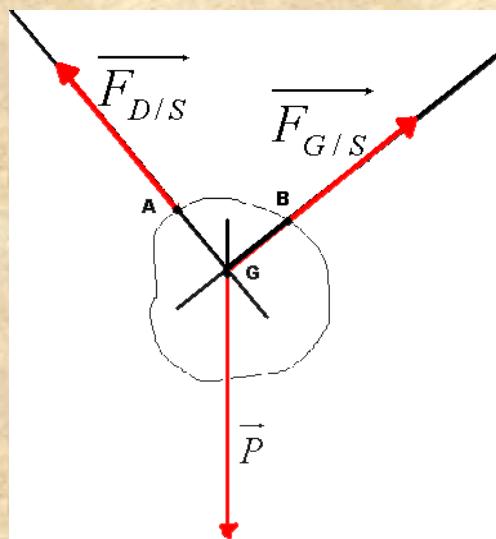
2- نمثل خطوط تأثير القوى الثلاث وذلك بالحفاظ على إتجاهات القوى كما هي في الشكل
أعلاه فنجد:



نلاحظ أن خطوط تأثير القوى الثلاث متلاقية في نقطة واحدة (ليس بالضرورة مركز الثقل G دائمًا)

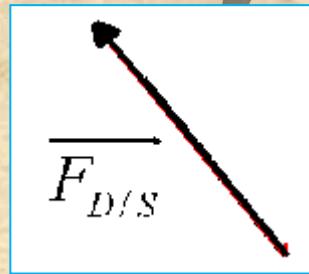
3- حسب شدة الوزن P : $P = mg$ ت ع: $P = 2N$

لتمثيل متجهات القوى نستعمل السلم $1N \longleftrightarrow 2N$

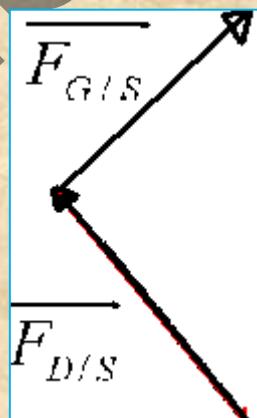


4- لرسم المجموع المتعدي للقوى الثلاث نتبع المراحل التالية:

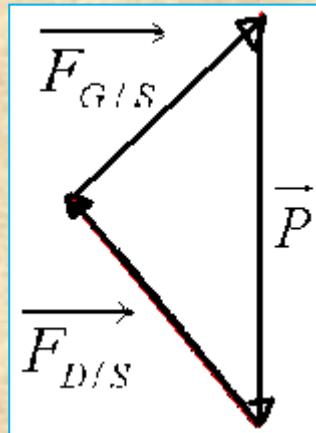
- نبدأ بقوة معينة (من الأفضل القوة التي نعرف إتجاهها ومنظمه)



- ثم عند طرف هذه القوة نضيف الثانية بحيث يكون طرف الأولى عند أصل الثانية



- نضيف القوة الأخيرة التي تبقي مع الحفاض على نفس الإتجاه والمنحي لهذه القوة



نسمى الإناء **الهندسي** المحصل عليه **الخط المطلع** ونلاحظ أن الخط المطلع للقوى الثلاث مغلق أي أن:

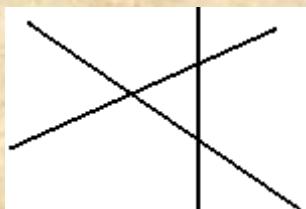
$$\overrightarrow{F_{D/S}} + \overrightarrow{F_{G/S}} + \overrightarrow{P} = 0$$

5-نلاحظ أن الخطيتين يوجدان في نفس المستوى الرأسي أي المستوى الذي يوجد فيه وزن \vec{P} نقول أن القوى الثلاث مستوائية.

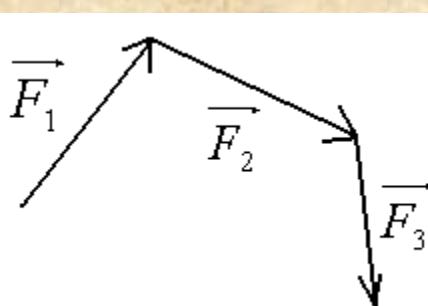
عندما يكون جسم صلب في توازن وهو خاضع لثلاث قوى غير متوازية فإن:

- الشرط الأول: المجموع المتجهي لهذه القوى يساوي المتجهة المنعدمة
- الشرط الثاني: خطوط تأثير القوى الثلاث مستوائية ومتلائقة

إذا إخلل أحد الشرطين فالجسم يفقد توازنه، مثلاً:



- أو المجموع المتجهي للقوى الثلاث يخالف المتجهة المنعدمة



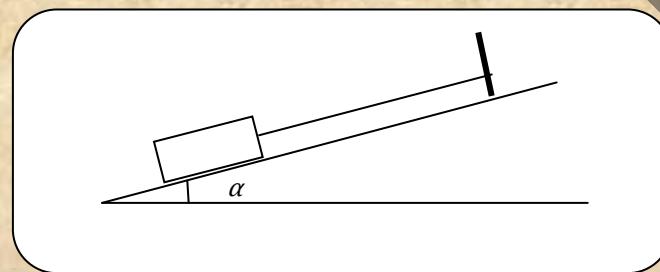
II. شرطاً للتوازن:

- عندما يكون جسم صلب في توازن تحت تأثير ثلاثة قوى غير متوازية فإن:
- المجموع المتجهي لهذه القوى معدوم $\sum F = 0$ أي الخط المضاعي مغلق وهذا شرط أول لازم لسكون مركز قصور الجسم
 - خطوط تأثير القوى الثلاث مستوائية ومتلائمة وهذا شرط ثان لازم لغياب دوران الجسم في حال تحقق الشرط الأول
- ملحوظة:** هاذين الشرطين لازمين للحصول على التوازن لكنهما غير كافيين.

III. تطبيق: قوى التماس

1 - حالة التماس بدون إحتكاك:

ضع حاملاً ذاتياً كتنه $m=400\text{g}$ مشدود إلى خيط فوق منضدة هوائية مائلة بزاوية 20° بالنسبة للمستوى الأفقي، فيستقر في توازن. الخيط موازي للمستوى الأفقي.
نأخذ $g=10\text{N/Kg}$



أسئلة للاستئثار:

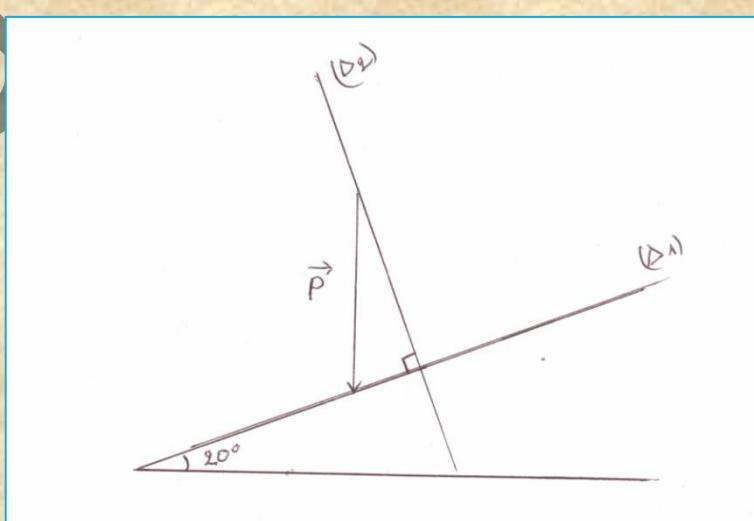
1- باستعمال الطريقة الهندسية أوجد شدة القوة R التي يؤثر بها المستوى المائل على الحامل الذاتي وشدة توتر الخيط T .

2- أجب على السؤالين السابقين باستعمال الطريقة التحليلية.

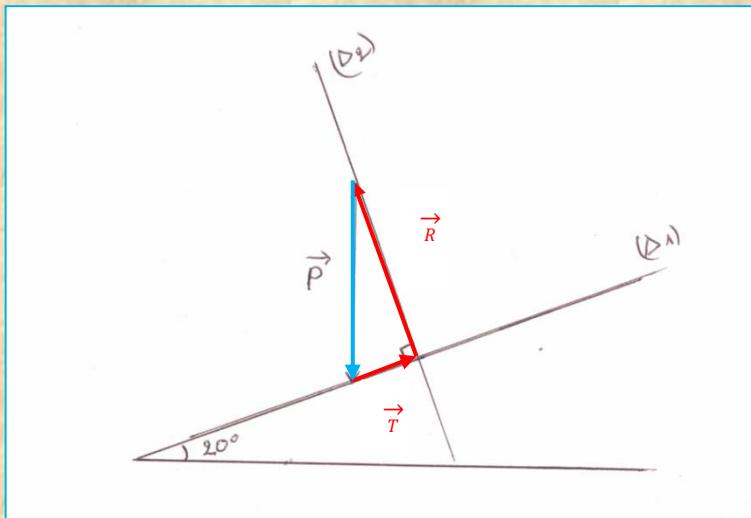
اجوبة:

1- حسب شدة الوزن P : $P=mg$ نجد $P=4\text{N}$
نستعمل السلم $1\text{cm} \rightarrow 1\text{N} \leftarrow$ نمك الوزن P ثم خط تأثير القوة T والذي يوازي المستوى المائل A_1 . وبما أن التماس يتم بدون إحتكاك فإن خط تأثير القوة R التي يؤثر بها المستوى المائل على الحامل الذاتي عمودي على سطح التماس.

إذن نمثل خط التأثير A_2 بحيث يكون عمودي على المستوى المائل ويمر من طرف المتجهة P وذلك لأن الخط المضاعي يجب أن يكون مغلق لأن الجسم في توازن.

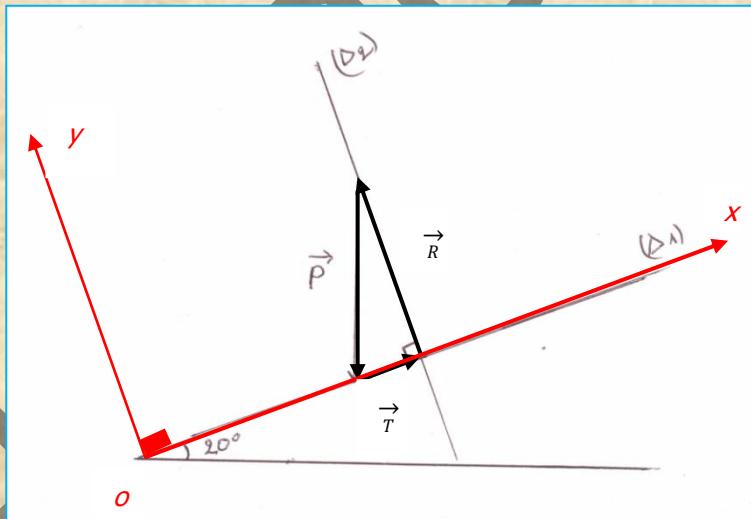


نمثل إذن الخط المضلعي كالتالي:



نقيس طول المتجهتين \vec{R} و \vec{T} بالمسطرة ونستعمل السلم فنجد:
 $T = 1,4N$ و $R = 3,7N$

2- نستعمل الآن الطريقة التحليلية:
 تعتمد الطريقة التحليلية على إسقاط المتجهات الثلاث في معلم $(j, i, 0)$ وحساب إحداثياتها بالنسبة لهذا المعلم ثم نطبق شروط التوازن.
 لتبسيط الدراسة نختار المحور OX مطابق مع المستوى الأفقي.

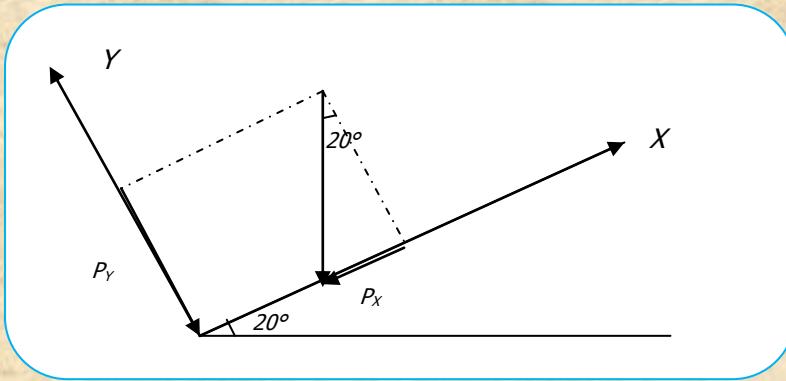


نسقط القوى الثلاث على المحاور OX و OY فنجد:

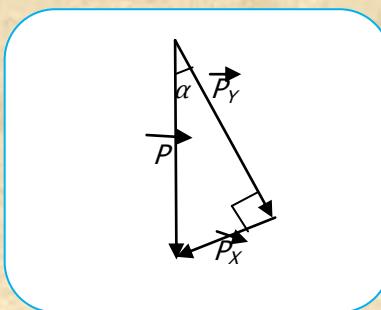
بالنسبة للقوة \vec{R} لأن \vec{R} عمودية على المحور OX
 $R_x = 0 \quad R_y = R$

بالنسبة للقوة \vec{T} لأن \vec{T} عمودية على المحور OY
 $T_x = 0 \quad T_y = T$

بالنسبة للوزن \vec{P} :



الزاوية بين الوزن \vec{P} والخط العمودي على المستوى المائل مساوية لزاوية الميل 20° (زاويان لهما أصلع متعامدة تكونان متساوين) في المثلث القائم الزاوية:



يعطي $\cos\alpha = \frac{P_X}{P}$ لأن $P_Y = -P\cos\alpha$ في النھي معاكس للمحور OY
يعطي $\sin\alpha = \frac{P_X}{P}$ لأن $P_X = -P\sin\alpha$ في النھي المعاكس للمحور OX

الشرط الأول للتوازن $\vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = \vec{0}$ يعني:

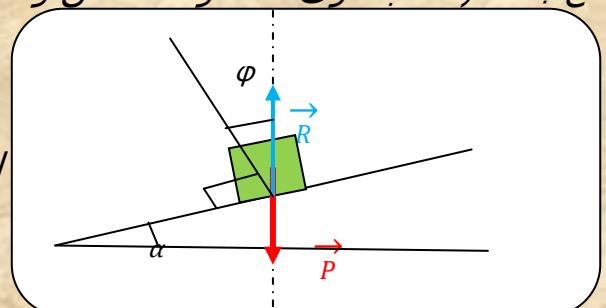
$$\begin{cases} P_X + T_X + R_X = 0 \\ P_Y + T_Y + R_Y = 0 \end{cases}$$

العلاقة الأولى تعطينا: $T = T_X = P_X = P\sin\alpha = mg\sin\alpha$

العلاقة الثانية تعطينا: $R = R_Y = P_Y = P\cos\alpha = mg\cos\alpha$

2- حالة التماس بإحتكاك:

نضع جسم صلب فوق مستوى خشن ونمیله بزاوية α



الجسم في توازن تحت تأثير قوتين P و R
واللذان تتوازنان، إذن للقوتين نفس خط التأثير

نمیل المستوى تدريجيا فنلاحظ أن الجسم يفقد توازنه عندما تصبح الزاوية α أكبر أو تساوي قيمة حدية φ_0 ($\alpha \geq \varphi_0$)

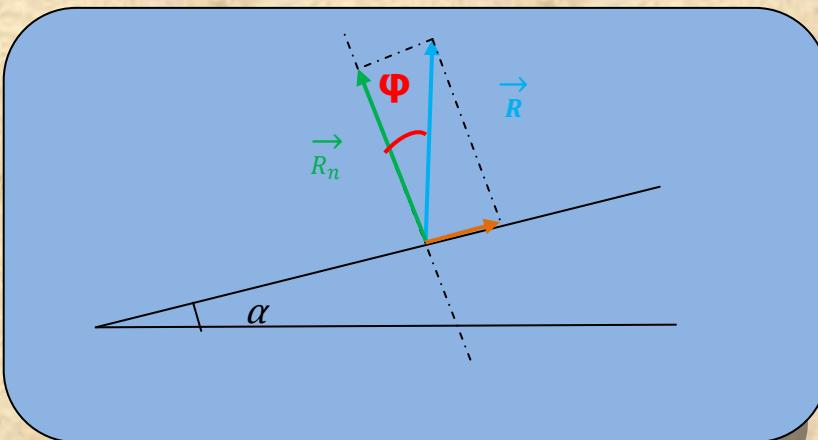
يعزى حفاظ الجسم على توازنه إلى وجود قوى الإحتكاكات

القوتين \vec{P} و \vec{R} تتواءزان وهذا يبين أن القوة التي يؤثر بها السطح المائل على الجسم غير عمودية على سطح التماس

يمكن تفكيك القوة \vec{R} إلى مركبتين: المركبة المماسية \vec{R}_t وهي مماسة لسطح التماس والمركبة المنظمية \vec{R}_n وهي عمودية عليه.

$$\vec{R} = \vec{R}_t + \vec{R}_n$$

نكتب:



تعاريف:

* نسمى معامل الإحتكاك K المقدار وهو مقدار بدون وحدة

$$K = \tan \varphi = \frac{R_t}{R_n}$$

* نسمى معامل الإحتكاك الساكن المقدار وهو مقدار بدون وحدة

$$k_0 = \tan \varphi_0$$

* نسمى φ زاوية الإحتكاك

* نسمى φ_0 زاوية الإحتكاك الساكن وهي تميز طبيعة السطحين المتماسين وقيمتها تزداد مع خسونة هذين السطحين.